

Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo:

II. Balance de nutrientes.

Ing. Agr. Pablo Chilibroste
Facultad de Agronomía, EEMAC, Paysandú

Resumen

Los forrajes de buena calidad son desbalanceados en términos del suministro de energía y nitrógeno para los microorganismos del rumen. El alto contenido y degradabilidad total del nitrógeno en el rumen determina concentraciones de amonio que superan la capacidad de utilización por parte de los microorganismos. La suplementación con fuentes de almidón de alta degradabilidad ruminal a niveles no superiores al 35 % de la MS total, mejora la utilización del nitrógeno en el rumen aunque sin cambios significativos en la producción y composición de la leche. Niveles más altos de suplementación con granos pueden reducir la digestibilidad de la fibra, el consumo de MS de forraje y el contenido graso de la leche. La substitución de granos por suplementos en base a pared celular de alta digestibilidad previene los cambios negativos en composición de la leche sin deprimir la producción individual de leche. La integración del conocimiento actualmente disponible sobre el comportamiento ingestivo en pastoreo con las variaciones diurnas en la composición de la pastura permitirá definir estrategias de suplementación y utilización de pasturas más eficientes.

Summary

High quality forages are unbalanced in terms of energy and nitrogen supply to the ruminal microorganisms. High nitrogen content and ruminal degradability of forages results in high concentrations of ammonium that largely exceed the utilisation capacity by the microbial population. The use of starch based energy sources as supplements may improve the ruminal energy-nitrogen balance for the micro-organism without significant effects on milk production and composition when used moderately (< 35% of total dry matter). Higher levels of supplementation with grains may derive on low fibre degradability, low dry matter intake and depression of milk fat content. Substitution of grain by high digestibility cell wall supplements prevents negative effects on milk composition with high level of milk production.. Proper integration of the available knowledge on ingestive behaviour and pastures composition diurnal changes will allow more efficient supplementation and pasture utilisation strategies.

Introducción

En animales alimentados en base a forrajes, de un 70 a 90 por ciento de la digestión de la materia orgánica ocurre en el rumen (Cammell et al., 1983). Es en éste compartimento donde se dan drásticas transformaciones de la materia orgánica (MO) ingerida que incluyen: la colonización de la MO por parte de la microflora microbiana, la fermentación anaeróbica, la síntesis de masa microbiana y la producción y absorción de ácidos grasos volátiles (AGV). La magnitud e intensidad de éstos procesos van a depender por un lado del tamaño y actividad metabólica de la población microbiana y por otra de las características nutricionales de la MO ingerida. Es ésta estrecha asociación entre la naturaleza de la dieta consumida y la población microbiana la que va a determinar la efectividad de la degradación del alimento (tasa y extensión de la digestión) así como la tasa de pasaje ambos procesos fuertemente relacionados con la capacidad de consumo del animal.

Para que se pueda expresar la capacidad potencial de degradación de la población microbiana se requieren tanto de fuentes adecuadas de energía y nitrógeno para los microorganismos del rumen como condiciones adecuadas de medio ambiente. Es generalmente aceptado que depresiones en el pH del líquido ruminal por debajo de 6.2 deprime la actividad celulolítica de la población microbiana (Nrskov 1994). En condiciones de pastoreo éstos dos componentes (disponibilidad de sustrato para los microorganismos y medio ambiente ruminal) están fuertemente influenciado tanto por las características nutricionales de la pastura como por el patrón de ingestión de los animales.

El objetivo de ésta contribución es caracterizar brevemente tanto la disponibilidad de sustrato para los microorganismos del rumen como las condiciones de medio ambiente ruminal generado por el pastoreo de pasturas templadas de buena calidad. Las posibilidades de intervención externa sobre el patrón de ingestión y digestión de pasturas a través de la es analizada.

Composición del forraje

La fracción carbohidrato de la pastura puede ser clasificada en 5 grandes fracciones (Beever y Siddons, 1986) a saber: carbohidratos solubles en agua, pectinas, hemicelulosa, celulosa y lignina. Sus proporciones relativas varían con la especie de forraje, la estación del año y la fertilización entre otros factores. Los dos primeros componentes son considerados de rápida y total degradación una vez que se hacen disponibles para los microorganismos ruminales. La tasa y extensión de la digestión de la hemicelulosa y la celulosa son fuertemente influenciados por el grado de lignificación del material ya que naturalmente poseen una digestibilidad potencial alta. La digestión ruminal de la celulosa y la hemicelulosa representa más del 85 % de la digestión total de estas dos fracciones. Por su parte la fracción lignina es completamente indigestible. En general tanto la digestibilidad total de la pared celular como el suministro de nutrientes se reducen notoriamente con la maduración del forraje (Van Soest, 1994). Es resaltante desde el punto de vista nutricional la variabilidad dentro del día que presentan los componentes más solubles de la fracción carbohidratos (Van Vuuren et al. 1986).

La fracción proteica de los forrajes (nitrógeno total * 6.25) se clasifica en proteína verdadera y nitrógeno no proteico. La fracción de nitrógeno no proteico puede representar de 15 a 25 % del nitrógeno total y comprende péptidos, aminoácidos, aminos, amidas y nitratos (Mangen, 1982). La proteína verdadera se divide en tres grandes grupos: a) proteína soluble (50%) constituida fundamentalmente por ribulosa bifosfato carboxilasa y proteínas del cloroplasto y citoplasma, b) proteínas insolubles (43 %) asociadas a lípidos de las membranas y pigmentos y c) otras fracciones como enzimas mitocondriales y extensinas de la pared celular. Van Vuuren et al. (1991) realizaron un estudio exhaustivo de la degradabilidad del nitrógeno en muestras de *Ryegrass perennne* suministrado a vacas en lactación. Encontraron que el contenido de proteína cruda (PC) disminuyó moderadamente entre las semanas 1 y 4 y abruptamente entre las semanas 4 y 8 de rebrote de la pastura. Las fracciones de proteína solubles y potencialmente degradables declinaron a partir de la tercer semana de rebrote mientras que la degradabilidad efectiva estimada de la proteína en el rumen fue del 60 a 80 % para todo los rangos de madurez evaluados. Tanto los altos niveles de solubilidad (> 25 %) como de degradabilidad total de la PC en rumen explican los altos niveles de N-amoniaco en rumen observados en vacas lecheras consumiendo forrajes frescos (ver sección siguiente).

Ambiente ruminal bajo pastoreo

Investigaciones llevadas a cabo en la región (INTA BALCARCE -Argentina- y EEMAC, Facultad de Agronomía -Uruguay-) han mostrado que el ambiente ruminal generado por forraje frescos de buena calidad consumidos bajo pastoreo difiere de los generados por el suministro de forrajes conservados a animales estabulados. El ambiente ruminal de vacas lecheras en sistemas pastoriles se puede caracterizar por bajos valores de pH a lo largo del día, alta concentración de AGV (90-120 mmoles/l), baja relación acético-propiónico y altas concentraciones de N-amoniaco (90-400 mg/l). El ambiente ruminal observado es producto de las propiedades fermentativas del forraje y del patrón de consumo mostrado por los animales (Van Vuuren et al., 1986; Rearte y Santini, 1990; Mattiauda et al., 1993) mas que del nivel o tipo de suplementación utilizada.

Van Vuuren et al. (1990) investigaron el patrón de suministro de nitrógeno y carbohidratos para los microorganismos ruminales, en muestras de ryegrass perenne fresco. Observaron que la relación entre nitrógeno y carbohidratos (tanto de las fracciones solubles como las fracciones insolubles pero potencialmente fermentables) fueron superior a 25 g/kg para practicamente todos los niveles de fertilización y tiempo de rebrote analizados. El valor de 25 g N por kg MO (Czerkawski, 1986) ha sido considerado como un nivel óptimo para el desarrollo de la población microbiana. Beever y Siddons (1986) reportaron valores de eficiencia microbiana (g N microbiano por kg MO digerida en el rumen) para un amplio rango de forrajes frescos consumidos por ovinos y vacunos. El valor promedio obtenido (35 g/kg MO) es mayor que el propuesto por Czerkawski (1986) pero de todas maneras significativamente menor que los valores observados por Van Vuuren et al. (1990). Excesos de proteína en relación a la energía disponible en rumen conducen a una baja eficiencia de utilización del nitrógeno por los microorganismos ruminales y aumentos en la excreción de nitrógeno urinario en forma de urea. Esta detoxificación obligada por parte del animal (excreción del exceso de N del organismo) afecta el balance energético del animal ya que es un proceso consumidor de energía

Posibilidades de intervenir sobre el patrón de ingestión-digestión

Efecto de la suplementación energética con concentrados

La suplementación energética de las pasturas es necesaria para mejorar el balance ruminal entre la energía y proteína disponible y permitir un crecimiento microbiano óptimo (Beever y Siddons, 1986). Los concentrados energéticos varían tanto en su composición química como en sus características fermentativas en el rumen. En términos generales podemos separar aquellos concentrados que aportan energía en base a pared celular de alta digestibilidad (subproductos industriales tales como pulpa de citrus y remolacha), de los concentrados que aportan energía en base a almidón (ej. granos de cereales: trigo, sorgo, maíz). Dentro de los almidonáceos se puede realizar una segunda clasificación en base al patrón de fermentación en el rumen del almidón: tasa de degradación alta (ej. trigo) o baja (ej. maíz) tasa de degradación. Tamminga et al. (1990) estudiaron el comportamiento a nivel ruminal de una gama amplia de concentrados. En el Cuadro 1 se presenta información sobre concentrados pertenecientes a los grupos recién mencionados.

Cuadro 1. Composición química y comportamiento fermentativo en el rumen de diferentes concentrados energéticos.

Fracciones		Concentrados				
<i>Pared Celular (FDN)</i>		Cebada	Trigo	Maíz	P. remolacha	Gluten feed
FDN	g/kg MS	220	135	122	462	349
FDN ND	% FDN	27.0	30.0	10.0	8.8	14.2
K_d	%/hora	14.5	15.0	5.1	6.4	6.5
<i>Carbohidratos no estructurales (CNE)</i>						
CNE	g/kg MS	604	687	735	147	324
Solubles	% CNE	64.5	69.1	27.6	89.8	62.0
K_d	%/hora	24.2	18.2	4.0	12.5	10.2

FDN ND, FDN no degradable en rumen; K_d, tasa de degradación.

Los tres granos seleccionados (cebada, trigo y maíz) tienen alto nivel de almidón aunque difieren en su solubilidad y tasa de degradación en el rumen. La solubilidad es una indicación de que proporción del almidón total se hace inmediatamente disponible para los microorganismos del rumen. La tasa de degradación determina la velocidad fraccional de digestión de la fracción que no fue solubilizada inmediatamente pero que es potencialmente digestible. El maíz aparte de tener una solubilidad menor que el grano de trigo y cebada presenta una tasa de degradación muy baja, aún menor que la de la pared celular de la pulpa de remolacha y el gluten feed. Si bien la pulpa de remolacha y el gluten feed deben considerarse alimentos fibrosos por su alto contenido de pared celular, ésta es prácticamente totalmente digestible (86-92 %) y a una tasa relativamente alta (6.5 % por hora. Trabajos realizados por el grupo de lechería EEMAC (Paysandú) mostraron valores de degradabilidad ruminal para la pulpa de citrus seca similares a los reportados por Tamminga et al. (1990) para pulpa de remolacha.

Estas diferencias en composición química y comportamiento fermentativo en el rumen entre concentrados ha dado lugar a dos grupos de hipótesis:

1. Los concentrados en base a almidones de rápida disponibilidad en el rumen (ej. cebada y trigo) complementan mejor las pasturas que concentrados de baja degradabilidad (ej. maíz y sorgo) ya que el aporte energético de los primeros sincronizarían mejor el exceso de N de las pasturas.
2. Los concentrados que aportan energía en base a pared celular de alta degradabilidad (ej pulpa de citrus o pulpa de remolacha) complementan mejor las pasturas que los suplementos en base a almidón (granos) ya que la naturaleza de la fuente de energía (pared celular) no generaría efectos negativos sobre el medio ambiente ruminal.

Alta vs baja degradabilidad del almidón

Cagliostro (1996) resumió una serie de trabajos realizados en el INTA Balcarce de Argentina donde

se evaluó el efecto de la fuente de almidón (cebada vs maíz) sobre la producción y composición de la leche en vacas pastoreando verdes invernales y praderas. En el Cuadro 2 se presenta información sobre alguno de los experimentos analizados por Cagliostro (1996).

Para ninguna de las tres situaciones analizadas se detectaron diferencias significativas entre las fuentes de almidón sobre la producción y composición de la leche. En el experimento realizado en invierno la suplementación con cebada deprimió significativamente el contenido de grasa de la leche respecto al tratamiento no suplementado. Depresiones en el contenido graso de la leche por suplementaciones con almidón ha sido observado en animales estabulados (Sutton et al., 1987) pero a niveles de suplementación sustancialmente mayores que los reportados por Gagliostro (1996). En el experimento realizado en primavera se determinaron variables de medio ambiente ruminal. Es de destacar los bajos valores de pH observados en el tratamiento control (6.2). La suplementación con grano bajó más el pH en las horas posteriores al suministro independiente de la fuente de almidón utilizada.

La suplementación con cebada fué más eficiente en la captura de amonio disponible en el rumen a juzgar por los niveles de N-NH₃ reportados (Cuadro 2). Este efecto del concentrado sobre el ambiente ruminal es similar al reportado por Mattiauda et al. (1993) en vacas pastoreando avena y suplementadas con afrechillo de trigo. En este caso la suplementación provocó un aumento significativo sobre la concentración de proteína en la leche explicado en cierta medida por una mayor proteosíntesis microbiana.

Cuadro 2. Efecto de la fuente de almidón sobre la producción y composición de la leche.

Experimento	Variable	Tratamiento		
		Control	Maíz	Cebada
Estación: otoño Etapa lactancia: 67 días Pastura: avena Asignación: 33 kg MS/v/d	Leche kg d ⁻¹	18.1a	21.5b	22.8b
	Grasa %	3.33	3.36	3.27
	Proteína %	3.05a	3.21b	3.18b
	Var. PV g día ⁻¹	270a	620b	850b
Estación: invierno Etapa lactancia: 85 días Pastura: Avena + Rgrass/Trojo Asignación: 26 kg MS/v/d Maíz=6.3 kg; Cebada=5.31 kg	Leche kg d ⁻¹	17.0a	21.5b	18.4ab
	Grasa %	3.45a	3.01ab	2.84b
	Proteína %	3.28	3.38	3.31
	Var. PV g día ⁻¹	-35a	532b	381ab
Estación: primavera Etapa lactancia: 173 días Pastura: Rgrass/Trojo Asignación: 32 47kg MS/v/d Maíz=5.3 kg; Cebada=5.6 kg	Leche kg d ⁻¹	12.7a	16.2b	17.4b
	Grasa %	3.50	3.30	3.28
	Proteína %	3.51	3.35	3.37
	Var. PV g día ⁻¹	854c	420d	869d
	PH en rumen	6.20	6.12	6.09
	N-NH ₃ mg dl ⁻¹	11.62	13.4	8.45

Es de notar que los experimentos analizados han sido realizados en lactancias medias y avanzadas y con balances de energía de los animales mayoritariamente positivos. Queda abierta la interrogante de cual puede ser el efecto de las características fermentativas del almidón suministrado a vacas de mayor potencial de producción en lactancia temprana y/o en niveles mayores de suplementación.

Almidón vs fibra

Dadas las características fermentativas de la pastura templadas en estado vegetativo el "concentrado ideal" debiera aportar energía rápidamente disponible en el rumen y baja concentración de nitrógeno (Van Vuuren, 1993). Si embargo la inclusión de una fuente de energía de alta degradabilidad y bajo contenido de fibra incrementa los riesgos de deprimir la digestibilidad de la fibra al disminuir el pH de líquido ruminal producto de la concentración de AGV y disminución de la producción de saliva. Una menor tasa de digestión de la fibra puede derivar en reducciones en el consumo de MS y/o en el tenor graso en la leche por otro. En base a estas observaciones es que se ha propuesto el uso de subproductos industriales de alta degradabilidad en rumen como fuentes de energía más apropiadas para la complementación de forrajes frescos de alta calidad. En el Cuadro 3 se presenta algunos trabajos experimentales en los que se evaluó el efecto de la fuente de fibra (almidón vs pared celular de alta digestibilidad) sobre la producción y composición de la leche de vacas en pastoreo o alimentadas con forraje fresco.

Cuadro 3. Efecto de la fuente de fibra sobre la producción y composición de la leche.

Experimento	Variable	Tratamiento		
		Control	Fibra	Almidón
Van Vuren et al. (1986) Etapa lactancia: 85 días Pastura: raigrass perenne Suplemento: Control, 1kg Fibra, 7 kg base fresca Almidón: 7 kg base fresca	Leche kg d ⁻¹	19.3	20.0	18.9
	Grasa %	4.1	3.8	4.1
	Proteína %	3.3	3.5	3.3
	Amonio mmol l ⁻¹	19.0	13.0	12.0
	Forraje kg día ⁻¹	13.4	11.3	12.8
	Supl. kg MO día ⁻¹	0.8	5.4	5.2
Valk et al. (1990) Etapa lactancia: 80 días Pastura: Raigrass perenne Suplementos: Control, mezcla F y A Fibra (F): pulpa de remolacha Almidón (A): harina de maíz	Leche kg d ⁻¹	30.8	30.9	31.6
	Grasa %	4.05a	4.19a	3.70b
	Proteína %	3.31	3.32	3.27
	Forraje kg día ⁻¹	11.8	12.0	12.2
	Supl. kg MO día ⁻¹	6.2	6.4	5.9
	Mattiauda et al. (1997) Etapa lactancia: 90 días Pastura: Pradera mezcla Suplemento: Fibra, 4 kg pulpa de citrus, Almidón 4 kg afrechillo de trigo	Leche kg d ⁻¹	13.3b	15.6b
Grasa %		3.10c	3.80a	3.30b
Proteína %		3.10b	3.30b	3.20ab
Supl. kg MS día ⁻¹		0	3.3	3.4

Del Cuadro 3 se desprende que es factible sustituir grano por subproductos industriales en la suplementación de vacas en producción sin deprimir la producción individual de leche. La suplementación con fibras de alta digestibilidad previene depresiones en el contenido graso de la leche tal como ha sido observado en la suplementación en base a almidón (Valk et al., 1990).

La tendencia general a un mayor consumo de forraje en los animales suplementados en base a fibra (menor tasa de substitución) sugiere que los cambios observados a nivel ruminal serían los responsables de ésta respuesta. Mattaiuda et al (1997) y Van Vuuren et al. (1986) observaron mayores valores de pH (en los horarios posteriores al consumo del concentrado) y menores concentraciones de amonio en el licor ruminal en los animales suplementados con fibra respecto a los que recibieron almidón. Como fue discutido anteriormente depresiones en el nivel de pH por debajo de 6.2 reducen la actividad de la microflora celulolítica aumentando el tiempo de retención de la fibra en el rúmen y en último término reduciendo el consumo de materia seca. Valk et al. (1990) observaron en los animales suplementados con fibra un incremento en la excreción de nitrógeno en heces que se correspondió a una disminución a las pérdidas de N en orina. Estas observaciones refuerzan la hipótesis de que la captura de amonio en el rumen fue mas eficiente en los animales suplementados con fibra respecto a la suplementación con almidón indicando mayor actividad microbiana en el rumen.

Momento y frecuencia de suplementación

El efecto de la frecuencia y nivel de suplementación ha recibido atención en los sistemas estabulados de producción de leche (ej. Nocek, 1992). Incrementos en la frecuencia de suplementación reducen en general las variaciones diarias en pH, aumentan la actividad celulolítica y la concentración de acetato en rumen asociado a mayores contenidos grasos en la leche. Si embargo cuando el nivel de forraje en la dieta es alto (>50%) no se han observado beneficios claros de cambios en la frecuencia o momento de suplementación (Nocek, 1987).

Con vacas lecheras en pastoreo la disponibilidad de información experimental es mucho más escasa. La vaca lechera en pastoreo presenta un patrón de consumo muy marcado (Rook et al., 1994) con dos sesiones principales de pastoreo a la salida de los ordeños. Los pastoreos de la tarde son más largos que los de la mañana y con tasas de consumo de MS instantáneas mayores. (Gibb et al., 1997). El contenido ruminal no es estable a lo largo del día reflejando con cierto retraso el patrón de consumo. Los valores máximos y mínimos de contenido ruminal se dan a la noche y la mañana respectivamente (Chilibroste et al., 1987;1988). Van Vuuren et al. (1986) observaron a las 12 de la noche los máximos valores de concentración de AGV y amonio y los menores valores de pH en el licor ruminal de vacas pastoreando ryegrass durante todo el día. En contraste las mínimas concentraciones de amonio y AGV se registraron a las 8 de la mañana, reflejando que el consumo durante la noche de los animales en pastoreo es muy reducido.

El manejo integrado de la información referente al patrón de consumo de los animales, los cambios asociados en la cantidad y características físico-químicas del contenido ruminal y las variaciones a lo largo del día en la concentración de carbohidratos solubles en las plantas, ofrecen una variabilidad aún no debidamente explotada en nuestros sistemas pastoriles. Rearte et al. (1990) observaron efectos positivos sobre la producción y composición de la leche cuando ofrecieron el silo de maíz en dos veces (a la salida de los ordeños) en vez de una durante la noche. Asociados a los cambios en producción, determinaron mayores valores promedios de pH y menores valores de amonio en rumen en los animales suplementados en dos tiempos. Rodriguez et al. (1990) realizaron un experimento con moha (*Setaria itálica*) como base forrajera (Cuadro 4). Las vacas se suplementaron con sorgo molido (2 kg/vaca/ordeño) y con agregado de urea (40 g/vaca/día) en la mañana o en la tarde. Es

decir que la diferencia entre los tratamientos suplementados con sorgo estuvo solamente en el momento del suministro de la urea: mañana o tarde. Como era de esperar los tratamientos suplementados produjeron más leche que el testigo. Es remarcable el efecto del momento de suministro de la urea sobre la producción y composición de la leche (Cuadro 4). Observaciones ruminales mostraron elevados picos de amonio en el tratamiento en el que se agregó urea en la mañana lo que indicaría una baja utilización del nitrógeno suministrado por los microorganismos ruminales. En cambio cuando la urea se suministró en la tarde no se observaron los mismos picos. Es probable que el mayor contenido ruminal de los animales en la tarde, la mayor concentración de carbohidratos solubles en la moha al fin del día y probablemente una mayor tasa de consumo, permitieran una mejor utilización del nitrógeno no proteico suministrado por parte de los microorganismos ruminales. Los mayores contenidos de grasa en leche en los animales suplementados con urea en la tarde puede estar reflejando una mayor degradabilidad de la fibra en rumen.

Cuadro 4. Efecto de la suplementación con sorgo molido y momento de agregado de urea sobre la producción y composición de la leche de vacas pastoreando moha ((*Stearia Itálica*).

Tratamiento	Leche corregida (kg d ⁻¹)	Grasa (%)	Proteína (%)
Pastoreo moha (P M)	10.8c	3.18a	2.99
P M + 4 kg sorgo molido + 20 g urea en la mañana	12.9b	3.06b	2.99
P M + 4 kg sorgo molido + 20 g urea en la tarde	13.9a	3.36a	3.04

El grupo lechería EEMAC Paysandú, está evaluando actualmente diferentes estrategias de suplementación con silo de maíz y concentrados a vacas lechareas pastoreando avena. El objetivo es detectar aquellas combinaciones que maximicen el aprovechamiento del forraje disponible generalmente escaso en otoño e invierno y significativamente más barato que las otras alternativas alimenticias. Resultados preliminares de estos trabajos serán presentados durante la conferencia.

Literatura

Beever, D.E., & Siddons, R.C. (1986). Digestion and metabolism in the grazing ruminant. In L.P. Milligan, W.L. Grovum, & A. Dobson (Eds.), *Control of Digestion and metabolism in Ruminants*. (pp. 479-497). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Cagliostro GA. Suplementación de la vaca lechera con nutrientes resistentes a la degradación ruminal. Curso Internacional de producción de leche. INTA Rafaela. Rafaela, Argentina:

Cammell, S.B., Beever, D.E., Thomson, D.J., Austin, A.R., Losada, H.R., Evans, R.T., Spooner, M.C., & Terry, R.A. (1983). Energy and protein digestion, supply and utilization on two contrasting forages fed to growing steers. *Animal Production*, 36, -501.

Chilibroste, P., Tamminga, S., & Boer, H. (1997). Effect of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake, ingestive behaviour and dry matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 52, 249-257.

Chilibroste, P., Tamminga, S., Van Bruchem, J., & Van der Togt, P.L. (1998). Effect of allowed grazing time, inert rumen bulk and length of starvation before grazing, on the weight, composition and fermentative end-products of the

rumen contents of lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 53 (in press)

Czerkawski, J.W. (1986). *An introduction to rumen studies*. Oxford: Pergamon Press.

Mangan, J.L. (1982). The nitrogenous constituents of fresh forages. In D.J. Thomson, D.E. Beever, & R.G. Gunn (Eds.), *Forage Protein in Ruminant Animal Production*. (pp. 25-40). Haddington: D. & J. Croal.

Mattiauda DA, Chilibroste P, Favre E, Bruni M, Ordeix B, and Apezteguía E. (1993). Performance de vacas lecheras en pastoreo de avena suplementadas con afrechillo de trigo. XII Reunión ALPA. XVIII Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal.. *Ciencia e Investigación Agraria: 20 Nro 2*. Santiago de Chile:

Mattiauda, D.A., Favre, E., & Chilibroste, P. (1997). Suplementación energética de vacas lecheras en pastoreo con subproductos de la industria. Primer Congreso Binacional de Producción Animal. Argentina-Uruguay. 21 Congreso Argentino de Producción Animal. 2do Congreso Uruguayo de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17 Sup. 1.

Nocek, J.E. (1987). The influence of feeding frequency on ruminal parameters and production response in dairy cattle. *Animal Science*, 2, 57-69.

Nocek, J.E. (1992). Feeding sequence and strategy effects on ruminal environment and production performance in first lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 3100-3108.

Rearte, D.H., DI Bernardino, J.D., & Melani, G. (1990). Performance of dairy cows grazing pasture and supplemented with corn silage. *Journal of Dairy Science*, 73 (Suppl. 1), 240.

Rearte, D.H., & Santini, F.J. (1989). Digestion ruminal y produccion en animales en pastoreo. *Revista Argentina de Produccion Animal*, 9, 93-105.

Rodriguez, F., Chilibroste, P., Favre, E., Mattiauda, D.A., Bruni, M., Apezteguía, E., & Ordeix, B. (1990). Adaptación nutricional de vacas lecheras en pastoreo complementadas o no con sorgo y urea. In Anonymous, *II Seminario Nacional de Campo Natural*. INIA, Facultad de Agronomía, MGAP: Tacuarembó, Uruguay.

Rook, A.J., Huckle, C.A., & Penning, P.D. (1994). Effect of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science*, 40, 101-112.

Sutton, J.D., Bines, J.A., Morant, S.V., Napper, D.J., & Givens, D.I. (1987). A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *Journal of Agricultural Science, (Cambridge)*, 109, 375-386.

Tamminga, S., Vuuren, A.M., Koelen, C.J., Ketelaar, R.S., & Togt, P.L. (1990). Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38, 513-526.

Valk, H., Poelhuis, H.W.K., & Wentink, H.J. (1990). Effect of fibrous and starchy carbohydrates in concentrates as supplements in a herbage-based diet for high-yielding dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38, 475-486.

Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press.

Van Vuuren, A.M. (, 1993). Digestion and nitrogen metabolism of grass fed dairy cows. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University.

Van Vuuren, A.M., Koelen, C.J.v.d., & Vroons de Bruin, J. (1986). Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural*

Science, 34, 457-467.

Van Vuuren, A.M., Tamminga, S., & Ketelaar, R.S. (1990). Ruminant availability of nitrogen and carbohydrates from fresh and preserved herbage in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38, 499-512.

Van Vuuren, A.M., Tamminga, S., & Ketelaar, R.S. (1991). In sacco degradation of organic matter and crude protein of fresh grass (*Lolium perenne*) in the rumen of grazing dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, 116, 429-436.